

## **LOS PILOTES Y MICROPILOTES COMO SOLUCIÓN PARA ESTABILIZAR TALUDES**

BOTELLO, Azucena. PAYMA-COTAS, S.A.

DE LA FUENTE, Pablo. Universidad Politécnica de Madrid.

OTEO MAZO, Carlos. Universidade da Coruña.

### **RESUMEN:**

En los problemas de inestabilidad de taludes de desmonte o de terraplenes, en autopistas y carreteras se usan, a menudo, los pilotes y micropilotes. En esta comunicación se analiza el problema de los esfuerzos de flexión que pueden aparecer en estos elementos (rígidos y flexibles), como consecuencia de la inestabilidad de taludes, estableciendo un método sencillo – basado en análisis con códigos de elementos finitos – para estimar el máximo momento flector de estos “pasadores”. Así mismo, se analizan algunos casos particulares (provincia de Granada) en que se ha usado pilotes de gran diámetro y micropilotes, estableciendo un criterio de rigidez relativa (entre la del pilote y la deformabilidad del terreno) para establecer cuándo deben utilizarse los pilotes de gran diámetro, cuándo los de mediano diámetro y cuándo los micropilotes.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente, es relativamente corriente el utilizar pasadores o pilotes (circulares u oblongos) para ayudar a corregir inestabilidades de taludes, a fin de reforzar la resistencia a esfuerzo cortante del terreno en el que se producen problemas de inestabilidad. Se trata de atravesar el terreno inestable con pilotes (verticales o inclinados) e introducir estos elementos –algo o mucho más rígidos que el terreno- en la zona que no se mueve, para que quede anclado allí y, cuando la masa deslizada intente seguir moviéndose, estos elementos se opongan al movimiento del terreno, trabajando a esfuerzo cortante y a flexión.

Pueden distinguirse dos tipos de soluciones:

- a) Elementos flexibles, tipo micropilote (con diámetros de  $\varnothing$  125 a 250 mm), en que la armadura tubular (adherida al terreno por una inyección) resiste por cortante y flexión y el terreno próximo se mejora mediante la inyección del micro. Suele disponerse una serie de pilotes con dos o tres inclinaciones (en el último caso, una es vertical), para aumentar la estabilidad del conjunto y aumentar el efecto del tratamiento por inyección en el terreno (Fig. 1). La inyección puede hacerse de una sola vez (tipo IU), en que el hueco entre la perforación y el terreno se rellena de abajo a arriba con mortero o lechada, o del tipo IR o IRS, en que la inyección se hace con lechada a través de válvulas, que permiten reinyectar una sola vez o de forma repetitiva; con este último sistema, la adherencia al terreno es mucho mas elevada.

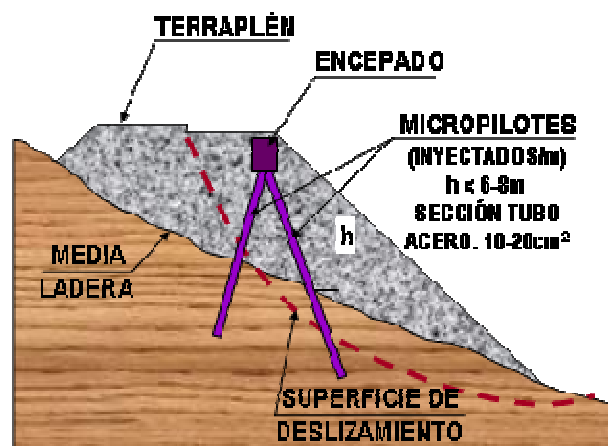


Figura 1. Uso de micropilotes como pasadores para estabilizar problemas de inestabilidades en terraplenes a media ladera (OTEO, 2003).

- b) Elementos claramente rígidos, tipo pilotes circulares verticales, con diámetros de 0,65 hasta 2 m (Fig. 2). A veces, como en el caso de Diezma (Oteo, 2003) se han utilizado módulos de pantalla continua (con el eje mayor paralelo a la dirección del deslizamiento) de hasta 5 x 1,20 m. En estos casos, la excavación, a veces, se ayuda con preperforación (“preforos” hechos con pilotes para permitir la excavación final con cuchara de pantallas), a fin de empotrarse en terrenos duros (Fig. 2, 3 y 4).

En los casos de las figuras 2 y 3 citadas se presentan los esquemas de las soluciones utilizadas en dos ejemplos granadinos de diferente entidad. En el primer caso (Punta Negra, Granada) se trata de la carretera de la costa granadina cerca de Motril en que la acción del mar erosionó el pie del talud en que se apoyaba la carretera de la costa. Las lluvias de 1998 y los riesgos “a cuenta” de la ladera originaron una inestabilidad que afectó claramente al terraplén, a media ladera, en que se asentaba la carretera. Esta inestabilidad se solucionó con varios sistemas:

- Uno, la construcción de un muro de escollera, de cierta entidad, al pie del terraplén, al borde del mar.
- Otro, con la construcción de una pantalla de pilotes (de Ø 1.000 mm, al tresbolillo, en dos filas), en la zona central del talud.
- Con reconsideración del perfil del talud.

La conjunción de estos tres sistemas (Fig. 2) permitió estabilizar el talud y asegurar el funcionamiento de la carretera. En la Fig. 2 se ve la solución y la malla de elementos finitos utilizada para su cálculo.

Por otro lado en el caso del deslizamiento de Diezma (A-92 a unos 30 Km. de Granada hacia Almería), la inestabilidad originada por lluvias y por acumulación de aguas en la cabeza del talud (por la presencia de calizas permeables y una balsa de agua con grandes pérdidas), originó el movimiento de una masa de terreno del orden de millón y medio de metros cúbicos. La solución (Fig. 3 y 4) pasó por:

- Reperfilado del talud.
- Dos pantallas de pozos drenantes (conectados horizontalmente).
- Zanjas drenantes superficiales (de unos 4 m de profundidad).
- Una pantalla de pilotes (de 5,0 x 1,25 m /5 m con el lado mayor paralelo al deslizamiento) anclados en cabeza con anclaje de unas 90 T, con el bulbo en pizarras sanas.

Estos dos ejemplos muestran la eficacia de los pilotes (de mediana y gran rigidez) como soluciones complementarias a deslizamientos de gran entidad, mientras que los micropilotes

son solución para inestabilidad de terraplenes de pequeña a mediana entidad (a media ladera).

Una revisión de los métodos de análisis de este problema fue presentada por J. M<sup>a</sup> Rodríguez Ortiz en el Simposio de Taludes de Granada (1997).

En otras ocasiones hemos acudido a la doble pantalla de pasadores, como en el caso de Pegalajar (Jaén), en la Autovía Jaén-Granada, con las calzadas apoyadas, en parte, en desmante y, en parte, en terraplén. Las lluvias fuertes del momento supusieron un aporte de filtraciones y presiones intersticiales que deterioraron los sistemas de drenaje de la Autovía, originando una inestabilidad en el lado terraplén (lado derecho hacia Granada). Fué necesario (Fig. 5):

- Realizar una fila de pilotes en la mediana para proteger la calzada izquierda de la Autovía (hacia la que se desvió el tráfico de los dos sentidos de circulación).
- Remover la zona del terraplén (erosionada, humectada e inestabilizada por el agua).
- Realizar otra fila de pilotes (más importante) en la base del terraplén (ya que se movía ésta y unos 9 m de suelos arcilloso-margosos, típicos de la zona).
- Añadir pozos y zanja de drenaje en el contacto de la calzada izquierda con el desmante, para captar el agua que venía desde unas formaciones calcáreas relativamente próximas.

Esta solución (Fig. 5) dió buen resultado al: a) Reforzar el terreno. b) Drenar prisiones intersticiales.

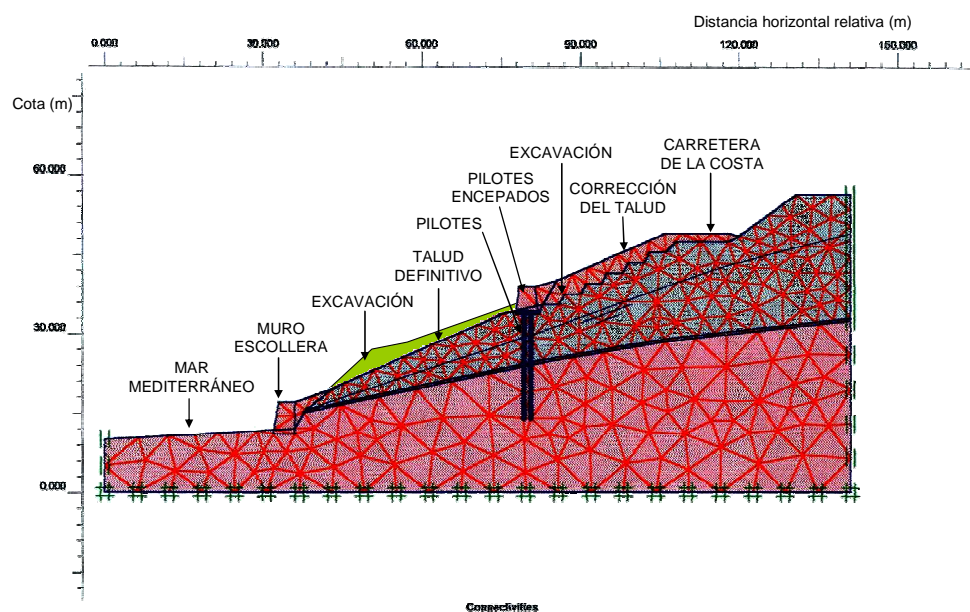
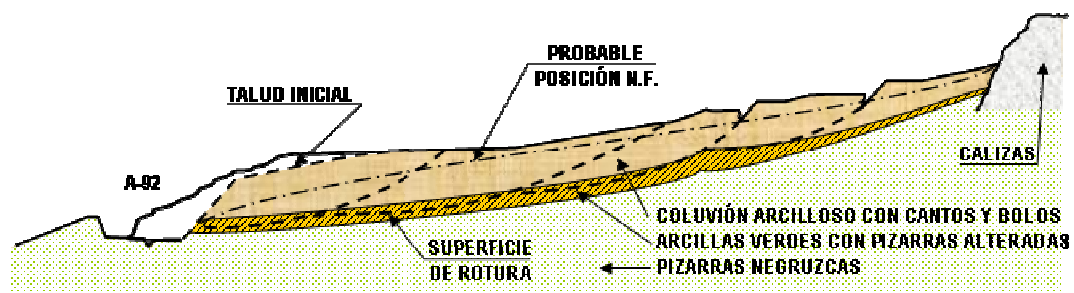
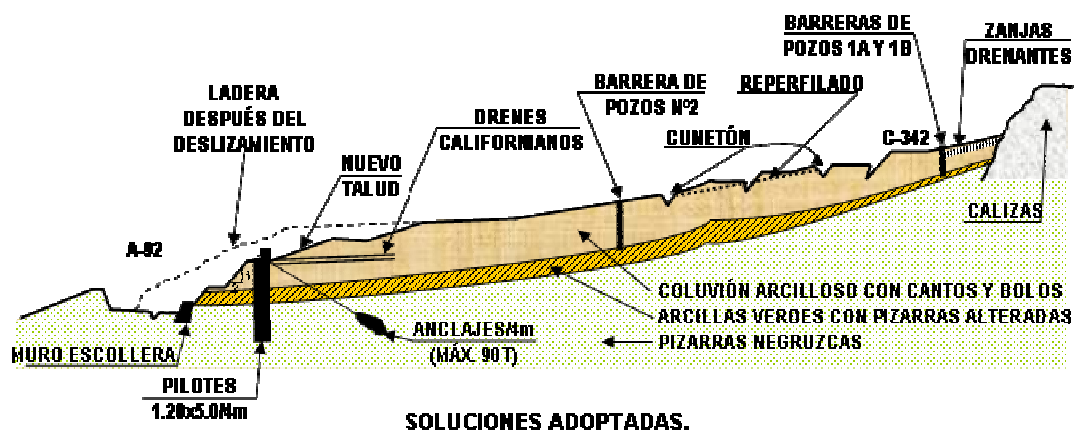


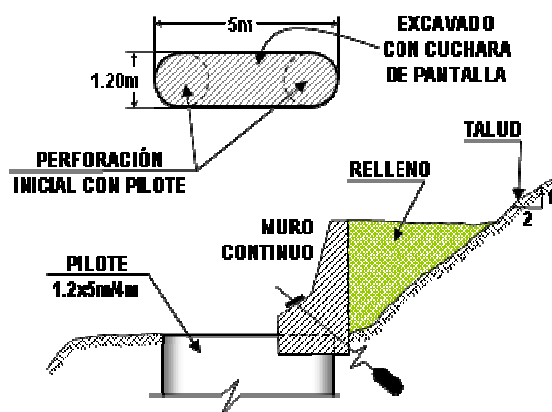
Figura. 2. Solución para estabilizar un deslizamiento en la carretera de la costa (Punta Negra, Granada) Malla de elementos finitos usada en el cálculo numérico.



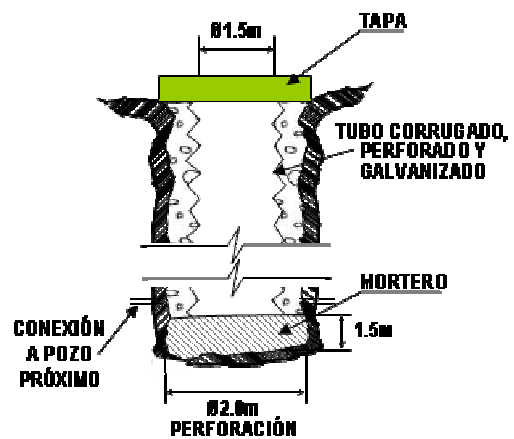
ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA DEL DESLIZAMIENTO.



SOLUCIONES ADOPTADAS.



a) PILOTES.



b) POZO (BARRERA Nº 2).

DETALLES DE ALGUNOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.

Figura 3. Soluciones para el deslizamiento de Diezma (OTEO, 2003).

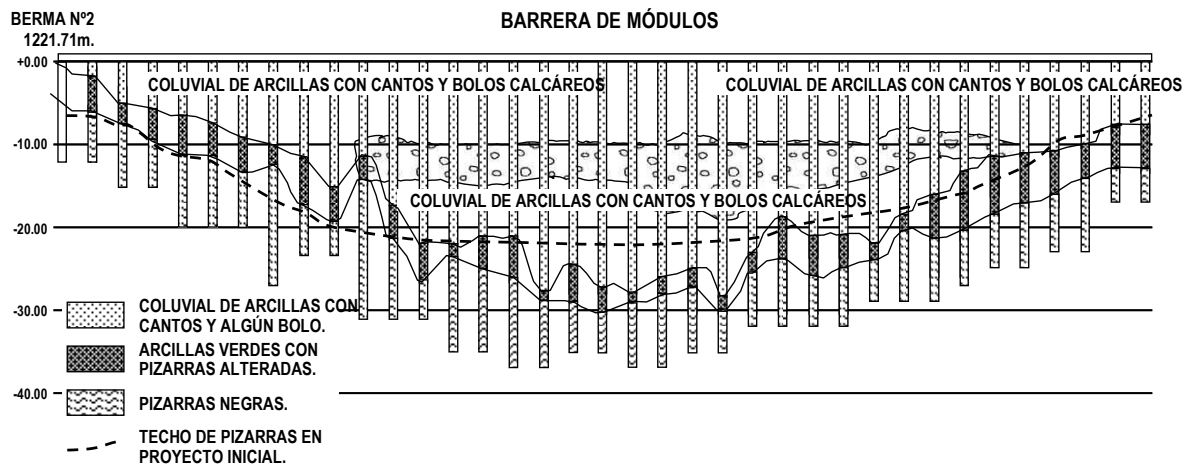


Figura 4. Perfil estratigráfico longitudinal de la zona de la pantalla de pilotes anclados (utilizada en el deslizamiento de Diezma), (OTEO, 2003).

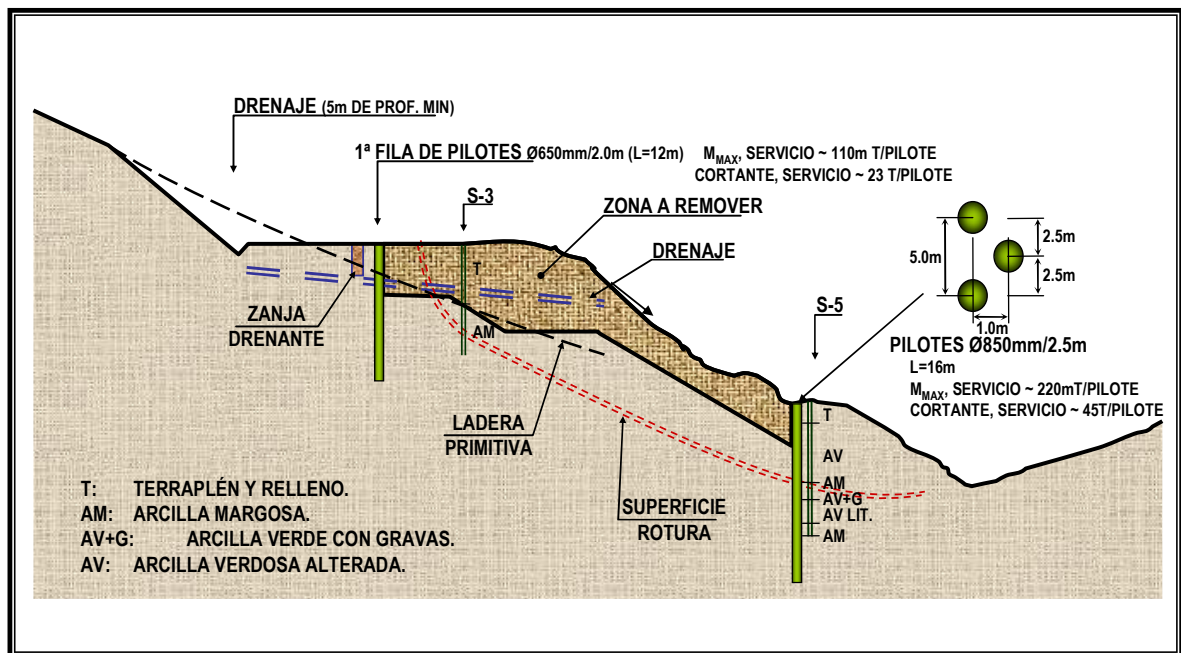


Figura 5. Solución adoptada en la Autovía de Jaén-Granada.

## 2. INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA DE LOS PASADORES.

En el caso de micropilotes la rigidez de la barrera ( $E_p \cdot I_p$ ) por metro lineal (Fig. 1), puede ser del orden de 3-9 Tm<sup>2</sup>, mientras que en el caso de las Figs. 2, 3 y 4. b) la rigidez puede ser del orden de 30.000 Tm<sup>2</sup> hasta de 9.000.000 Tm<sup>2</sup>. Pero esa rigidez no tiene en cuenta ni la del terreno ni el espesor de suelo deslizante. En estos casos es mejor utilizar el concepto de longitud elástica,  $L_e$ , muy utilizado en pilotes con carga horizontal en cabeza, tal como se ha venido haciendo desde principios de los años 70, es decir con el parámetro:

$$L_e = \sqrt{\frac{E_p \cdot I_p}{E_s / 3}}$$

en que:  $\left\{ \begin{array}{l} L_e = \text{Longitud elástica del sistema pilote-terreno (interacción suelo-estructura).} \\ E_p = \text{Módulo de deformación del material del pilote.} \\ I_p = \text{Momento de inercia del pilote respecto al eje transversal al movimiento.} \\ E_s = \text{Módulo de deformación del terreno.} \end{array} \right.$

Con este concepto se introduce la deformabilidad relativa del pilote y del terreno, pudiendo referir el espesor de terreno que se mueve (H) a la longitud elástica:  $H/L_e$ . Lo difícil, a veces, es saber cuál es el espesor real del terreno en movimiento. En algunos casos reales, en que los pilotes atraviesan zonas superiores más flojas (aluviales y coluviones), se supone que todo ese terreno es lo que se mueve, lo que puede ser excesivamente conservador.

La longitud elástica, (magnitud de tipo lineal, o sea, medible en unidades de longitud, por ejemplo en metros) en el caso de micropilotes, puede variar de 0,15 a 0,45 m, mientras que en el caso de los pilotes circulares puede variar entre 2 y 8 m. La relación  $H/L_e$ , suponiendo que H vale entre 5 y 8 m (lo normal en el caso de usar micropilotes) llevaría a relaciones  $H/L_e$  del orden de 10 a 40, mientras que para pilotes grandes valdría del orden de 1 a 4, para mayores espesores de suelo deslizante. Evidentemente, a medida que aumenta el espesor de H y lo hace  $L_e$ , es necesario acudir a elementos más rígidos (con mayor  $L_e$ ) y por lo tanto se puede llegar a relaciones  $H/L_e$  relativamente pequeñas (1 a 4), mientras que para H pequeñas pueden usarse micropilotes y entonces  $H/L_e$  es claramente mayor. Es decir

podemos indicar que existen diferentes grados de flexibilidad en el uso de soluciones con pasadores o pilotes:

- Soluciones flexibles y muy flexibles, con micropilotes y relaciones  $H/L_e$  del orden de 10 a 25.
- Soluciones de flexibilidad media, con pilotes de diámetro  $\varnothing$  450 mm a 1,25 m, con relación  $H/L_e$  del orden de 2 a 9.
- Soluciones muy rígidas, con relaciones de  $H/L_e$  del orden de 0,5 a 2.

Los esfuerzos y movimientos en estos pasadores (y, por lo tanto, en el terreno) han de estar condicionados por esta rigidez relativa.

### 3. ACCIONES DE FLEXIÓN EN LOS PASADORES.

Para estimar los esfuerzos de flexión en estos casos existen varios métodos aproximados: Desde la utilización de las antiguas teorías de BROMS (1964), desarrolladas para el cálculo de pilotes con carga horizontal y que suponen que el terreno seguía un movimiento perpendicular a su eje y que se plastificaba el terreno (como si fuera una zapata sobre la superficie del terreno, pero girando el dibujo  $90^\circ$ ), hasta las derivadas de análisis de interacción suelo-terreno (trabajos elásticos de POULOS y de varios investigadores japoneses), pasando por las hipótesis que asimilan el problema al caso de un empuje de muros (Ver trabajo citado de Rodríguez Ortiz, 1997).

Esta última hipótesis, muy simple (Fig. 6) supondría que el pilote hace sobre el terreno un cierto “efecto sombra”, por lo que recibiría un empuje correspondiente a una anchura que sería igual a  $\alpha D$ , siendo  $D$  el diámetro del pilote (o su anchura transversal al movimiento) y  $\alpha$  un número entre 1 y 2, que puede estar más próximo a 2 que a 1. Con ello y considerando un cierto coeficiente de empuje de tierras igual a  $\beta K_{HA}$  ( $K_{HA}$  sería el empuje de Coulomb o el de Rankine), el momento en el punto de corte de la superficie de deslizamiento con el pilote sería:

$$M_{cs} = \frac{1}{6} \alpha D \cdot \beta K_H \gamma \cdot H^3 = \alpha \beta D K_{HA} \mathcal{H}^3 \dots\dots\dots (1)$$

siendo  $\gamma$  el peso específico aparente del terreno (los demás parámetros ya han sido definidos).



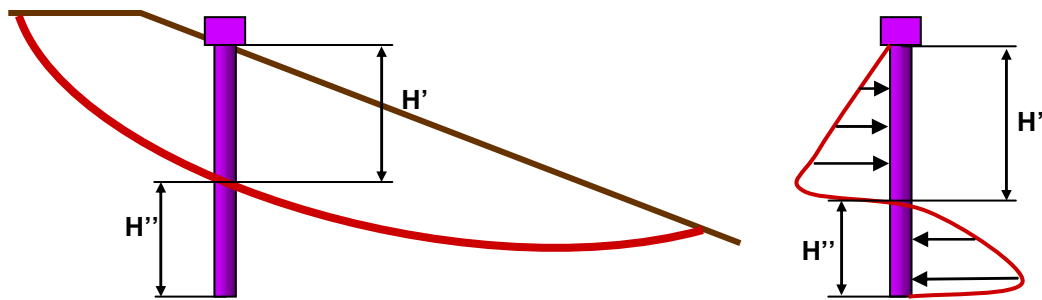


Figura 6. Esquema de empujes sobre un pilote.

El momento máximo estaría algo por debajo de ese punto de corte, con lo que para tener el momento máximo habría que adoptar una longitud total, libre, de  $\theta H$ , con lo que el momento máximo sería:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{1}{6} \alpha \beta \theta^3 \cdot D \cdot K_{H\Delta} \gamma H^3 \dots\dots\dots (2)$$

Como  $\theta$  puede ser del orden de 1,2 (como en el caso de pilotes con carga horizontal en cabeza);  $\alpha$  del orden de 1,7 y  $\beta$  del orden de 1,5, al menos, resultaría:

$$M_{m\acute{a}x} = (0,30 - 0,35) \cdot DK_{H\Delta} \gamma H^3 \dots\dots\dots (3)$$

Si admitimos esta expresión como válida, su relación con  $H/L_e$  sería, la representada en la Fig. 7 (tomando un terreno con una deformabilidad entre 1.000 y 2.000 T/m<sup>2</sup>). En dicha figura se ha propuesto una clasificación de flexibilidad de los pilotes (relacionados con la deformabilidad del terreno) y el orden de magnitud de los máximos momentos flectores que corresponderían a los pilotes o pasadores con las hipótesis que acabamos de enumerar. Esta clasificación es la antes enunciada y que aquí queda más patente en función de la curvatura de las leyes de variación.

Esta ley de la Fig. 7 no es una verdad absoluta sino el orden de magnitud que puede considerarse como una cota superior de lo válido para diferentes casos, ya que la interacción suelo-estructura no está considerada adecuadamente. Se supone que la deformabilidad del pilote no influye en los empujes y, por eso, aparecen momentos muy grandes en pilotes muy flexibles. Estos momentos flectores no tienen por qué ser resistidos por los pilotes. Como se indica en la Fig. 7, los micropilotes pueden absorber momentos

entre 5 y 14 mt (normalmente) lo que sólo podría suceder si el espesor,  $H$ , del suelo en movimiento es de 7 m o menos; para mayores espesores todo es ficción. Lo mismo pasa para pilotes de  $\varnothing 1.500$  mm. Esta figura puede utilizarse a nivel de anteproyecto de diversos problemas, sin que ello no evite el reconsiderar estas magnitudes y desarrollar cálculos más refinados (aunque la hemos usado en caso de urgencia, de problemas de inestabilidad de taludes, en que no hay tiempo para cálculos refinados y teniendo en cuenta la limitación propia de cada pilote). Por eso en la Fig. 7 se ha señalado una “zona válida”, ya que está fuera de la realidad.

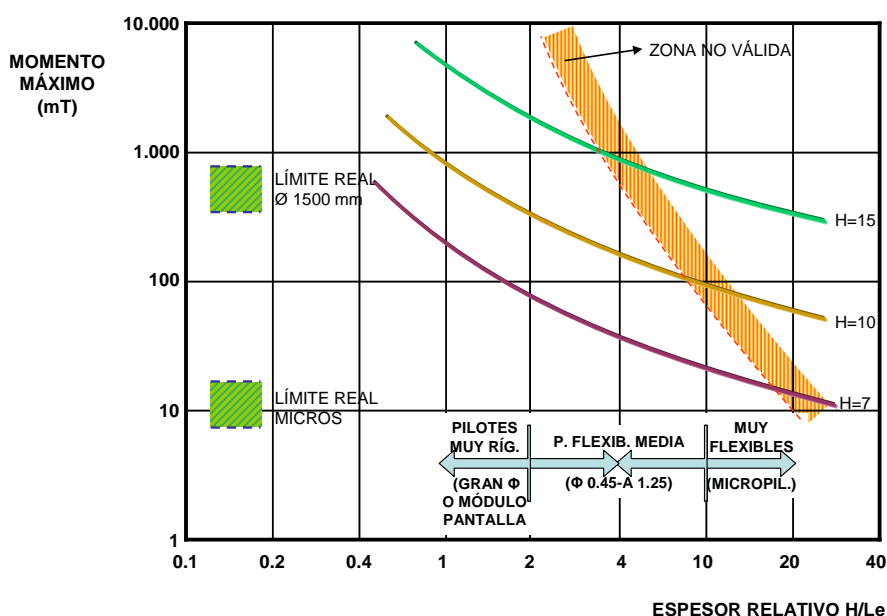


Figura 7. Criterios de flexibilidad y posibles momentos flectores máximos.

#### 4. ALGUNOS CASOS REALES ANALIZADOS.

Para analizar diversos casos reales (como los de las Figuras 2 a 5 y algún caso más) se ha utilizado el Código Plaxis, de elementos finitos, en que la solución ha pasado – además del uso de diversos sistemas de drenaje, como ya se ha comentado en los casos citados – por utilizar pasadores de rigidez media a gran rigidez.

Uno de esos casos han sido el del deslizamiento de Diezma (de más de millón y medio de metros cúbicos) en la A-92 (Granada) y en el que la solución adoptada es la que ya se ha visto en la Fig. 2 y 3. Aunque se ha utilizado un análisis bidimensional, se ha introducido la separación de pilotes distribuyendo su rigidez por m.l. En la Fig. 8 se ha representado la variación del momento flector máximo en función del espesor de coluvión que existía en esa

zona (Fig. 3) o zona en movimiento, que alcanzó – en la zona central – casi 30 m. Como se aprecia en dicha figura, para espesores de 15 m los momentos flectores máximos para pilotes de  $\varnothing$  2,0 m son del orden de 600-800 m T/m.l. (según la separación de pilotes) sin anclaje, valor que asciende a 3.400-3.800 mT (claramente excesivos) si se duplica el espesor de coluvión hasta 30 m. Si se añaden anclajes en cabeza baja ese momento a 2.400 mT (para 30 m de espesor de coluvión). Si se consideran módulos de 1,2 x 5 m estos pilotes tendrán esfuerzos algo mayores, pero serían absorbibles.

Otro caso analizado, de rigidez intermedia, viene esquematizado en la Fig. 5 y corresponde a los trabajos de estabilización de un terraplén a media ladera que originó un deslizamiento en las arcillas jienenses (similares a las “margas azules del Guadalquivir), desplazándose una masa alterada de la ladera con un espesor del orden de 9-10 m, como pudo comprobarse gracias a dos inclinómetros instalados en la zona de la inestabilidad (caso de Pegalajar). En este caso se instalaron, como ya hemos indicado, dos filas de pilotes, pero la superior no pretendía parar el deslizamiento sino que se construyó para proteger la calzada no afectada por el movimiento y poder excavar la zona superior del terraplén movido, por lo que, a los efectos de pasadores, sólo interviene la fila inferior. En este caso el momento flector máximo obtenido con el Código Plaxis variaba entre 120-150 mT, según las hipótesis hechas (separación entre pilotes, deformabilidad del terreno, etc).

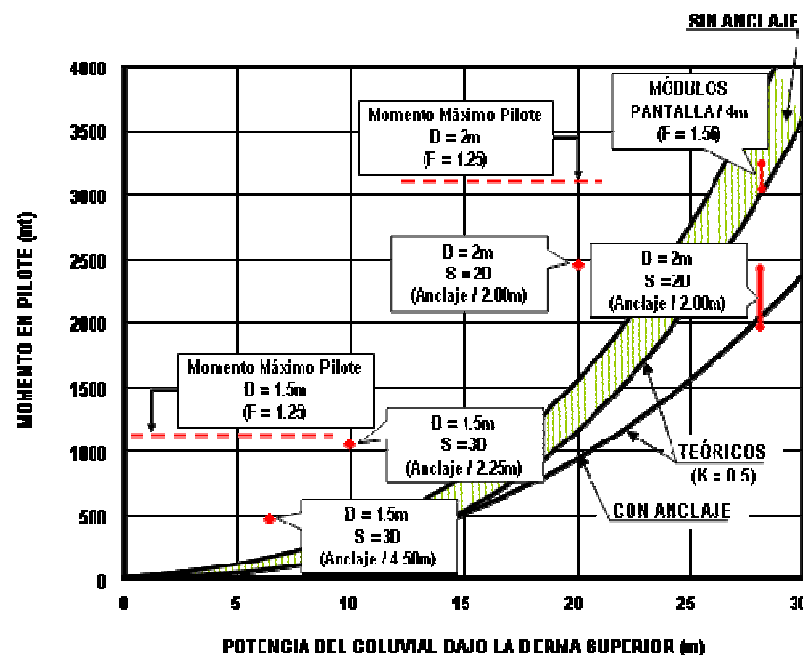


Figura 8. Momentos en los pilotes.

Vemos, pues, que, en función del volumen del deslizamiento, el espesor del terreno en movimiento, sus propiedades, etc, podemos tener una variación del esfuerzo de flexión enorme: Del orden de 100 mT a 2.500 mT (sin anclajes en cabeza de los pilotes) o casi 4.000 mT (sin anclaje en cabeza). Pero en terraplenes, más pequeños, a media ladera, los valores de los esfuerzos de flexión son claramente inferiores.

En lo que se refiere a micropilotes, se ha analizado un caso de terraplén sobre media ladera (de esquistos alterados), de las sierras de Granada, estabilizado mediante micropilotes (Botello, 2003). En la Fig. 9 puede verse la geometría deformada de la malla utilizada (también con el código Plaxis). En primer lugar, como siempre que se hace un análisis de este tipo, se ajusta la geometría y los parámetros del terreno hasta tener un coeficiente de seguridad del orden de 1 (siempre que los parámetros geotécnicos sean creíbles y del orden de magnitud de lo esperable). Después, se activan los micropilotes para ver sus efectos. En la Fig. 9 aparece la deformada correspondiente a la presencia de los micropilotes, que eleva el coeficiente de seguridad desde prácticamente 1,0 a 1,24 (micropilotes con tres inclinaciones). En la Fig. 10 aparece el diagrama de momentos flectores (del pilote pésimo) deducido de estos análisis que lleva a un máximo de unos 12 mT valor que puede resistir con micropilotes con una sección del orden de 20 cm<sup>2</sup>.

Como se deduce de la Fig. 10, al disponer los micropilotes unidos en cabeza, aparece en ella una cierta coacción, por lo que los micros no se comportan como si estuvieran en voladizo.

A veces estos análisis, en el caso de micropilotes, se puede hacer sustituyendo el conjunto de micros por una zona de terreno tratado (como hicimos para resolver los problemas de inestabilidad en la frontera de Ceuta, Fig. 11 y 12, De la Fuente y Oteo, 2000), pero eso es adecuado a efectos de deducir el coeficiente de seguridad frente al deslizamiento y no para deducir los esfuerzos en los pilotes, que necesitan pormenorizar su presencia. En este caso de Ceuta los máximos momentos fueron de 6-8 mT.

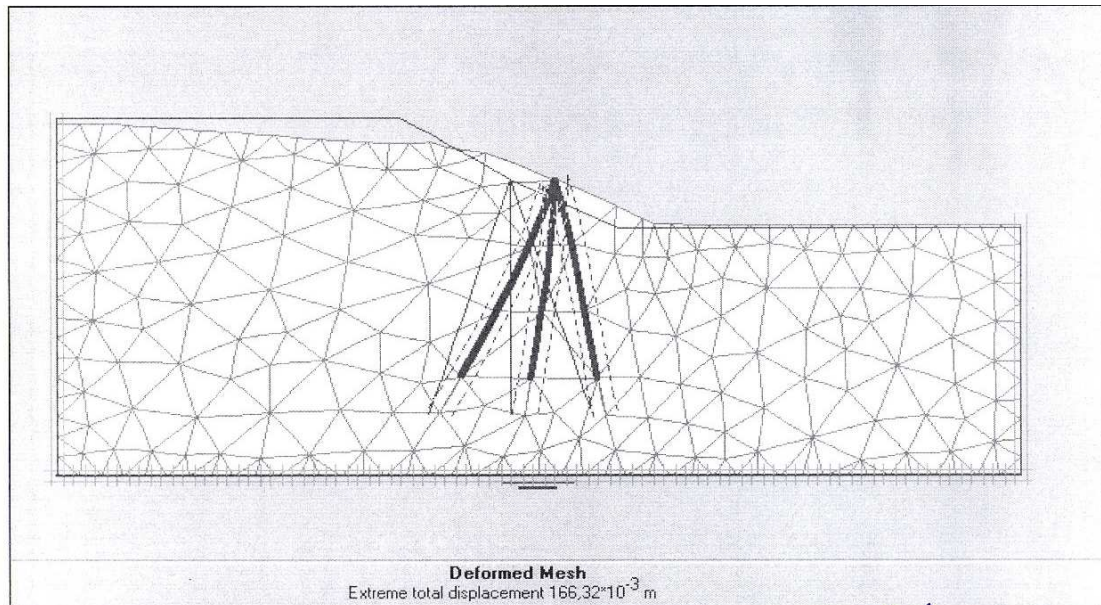


Figura 9. Malla deformada con micropilotes activados.

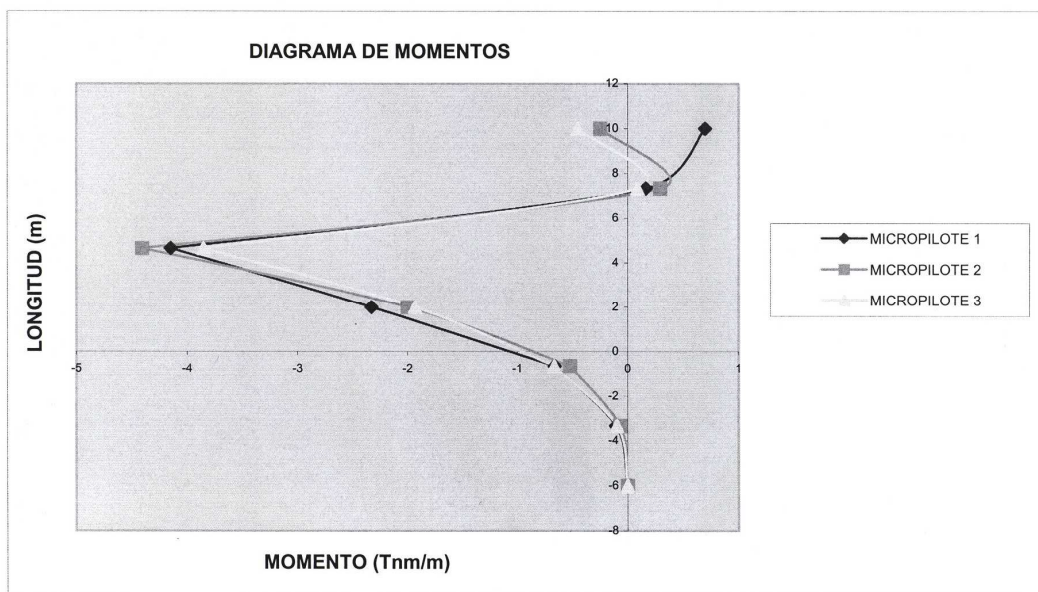


Figura 10. Diagrama de momentos.



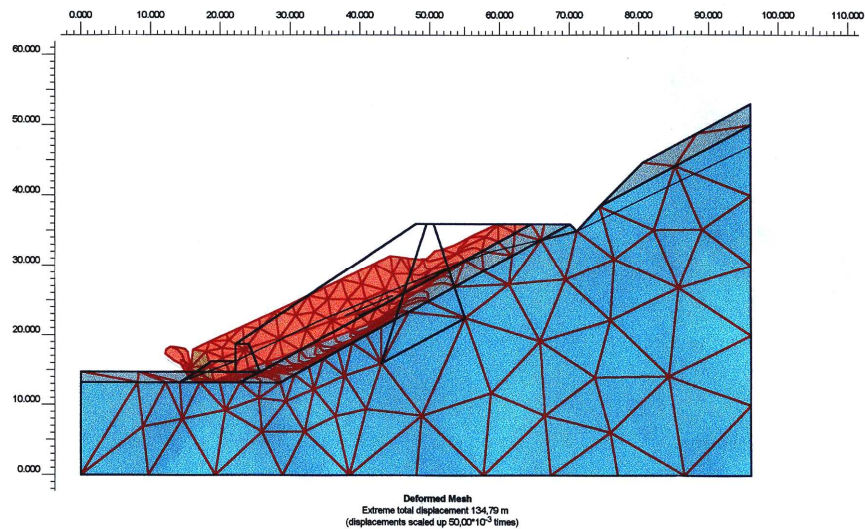


Figura 11. Sustitución del efecto de los micropilotes por una zona con propiedades tenso-deformacionales equivalentes (de la Fuente y Oteo, 2000).

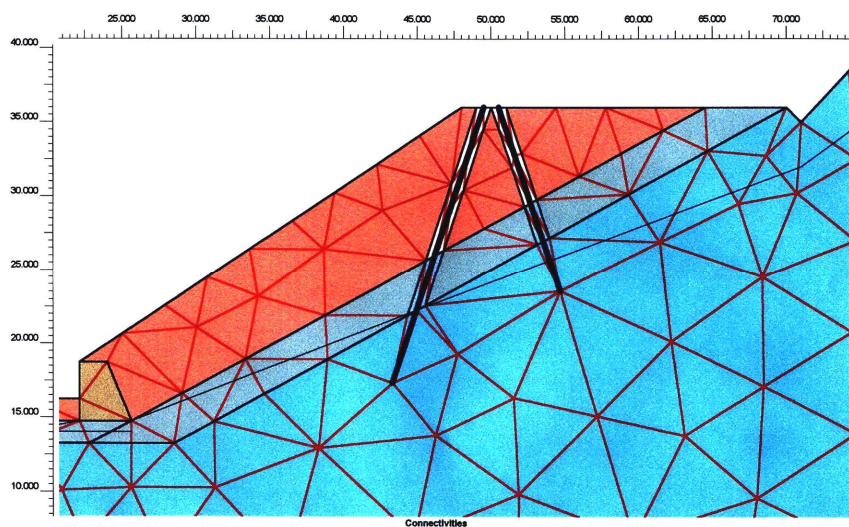


Figura 12. Simulación de los micropilotes con su geometría real y zona inyectada alrededor (de la Fuente y Oteo, 2000)

Normalmente, los micropilotes se sitúan en la cabeza del terraplén (tal como se indica en la Fig. 1). Pero, si se pudieran colocar aguas abajo del talud del terraplén (lo cual es muy difícil) su efectividad crece. En la Fig. 13 hemos representado los resultados obtenidos en un caso analizado con Plaxis (terraplén sobre margas alteradas que se apoyan sobre “margas azules” sanas), al posicionar los micros en diferentes posiciones. Puede verse como el coeficiente de seguridad crece casi exponencialmente al ir cambiando dicha posición.

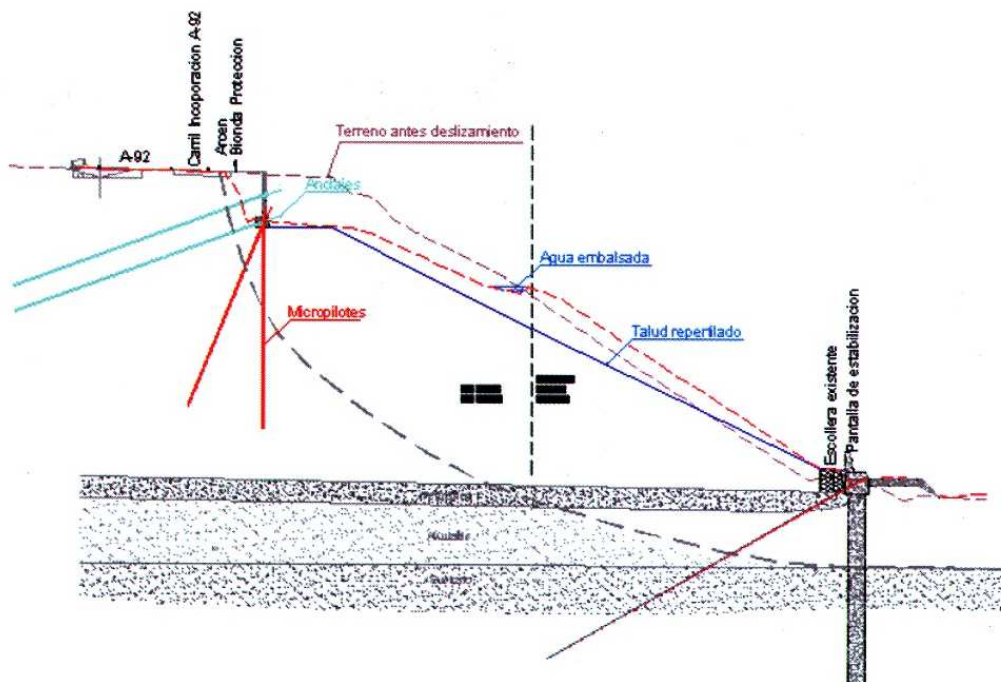
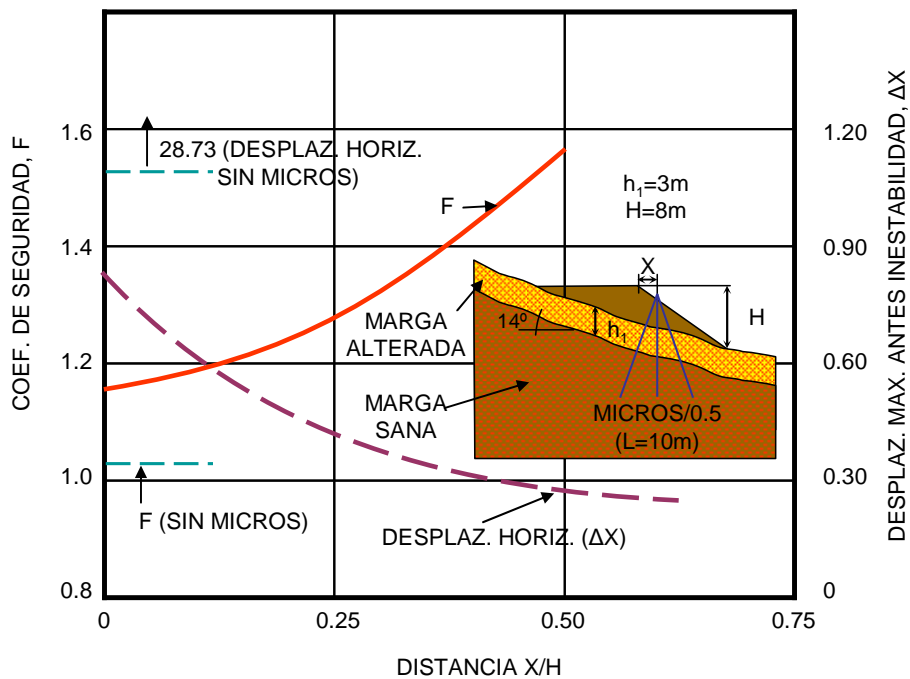


Figura 14. Solución en el deslizamiento de Alfacar (Santos, 2003).

## 5. FORMULACIÓN APROXIMADA.

En la Fig. 15 hemos representado la variación del máximo momento flector deducido de los análisis con Plaxis descritos anteriormente, en función del espesor relativo (espesor referido a la longitud elástica del pasador) de terreno en movimiento. Como se deduce de la comparación de las Figuras 7 y 15 (representadas en la Fig. 16) los resultados de ambos análisis teóricos son relativamente similares en cuanto a la forma de variación. Se aprecia el efecto de que, en los pilotes más flexibles el momento flector disminuye mucho respecto al teórico (sin introducción de la flexibilidad). Por ello proponemos utilizar el procedimiento simplificado del Capítulo 3 (ecuación (3)) pero con una corrección, según la flexibilidad relativa. Si se tiene en cuenta sólo la zona válida, los resultados se parecen mucho. Resulta, así y en principio, adecuado aplicándole un coeficiente reductor  $\varepsilon$ , en función de  $H/L_e$ :

$$M_{\text{máx}} = E (0,30-0,35) DK_{AH} \gamma H^3 = (0,30-0,035) DK_{AH} \cdot a^3 \cdot L_e^3 \dots\dots\dots (4)$$

El valor de  $\varepsilon$  sería:

- Pilotes muy rígidos:  $\varepsilon \approx 1,0$ .
- Pilotes de flexibilidad media:  $\varepsilon \approx 0,9$ .
- Pilotes muy flexibles:  $\varepsilon = 0,7$ .

siendo  $a$  el espesor relativo ( $H/L_e$ ). No disponemos de medidas de momentos flectores en ningún caso de los mencionados en estas páginas, pero si puede decirse que las soluciones descritas, con la magnitud de los momentos flectores estimada han funcionado, ya que los movimientos registrados en algún caso son similares (en magnitud y forma) a los teóricos y, además, las soluciones han dado resultados en todos los casos. Por ello se recomienda el uso de ese sistema simplificado para estimar el máximo momento flector de pasadores como ayuda a mejorar la estabilidad de taludes (además, hay que comprobar que se obtiene un coeficiente de seguridad, mínimo, de 1,20-1,25 en el conjunto terreno-drenaje-pasadores frente al deslizamiento).



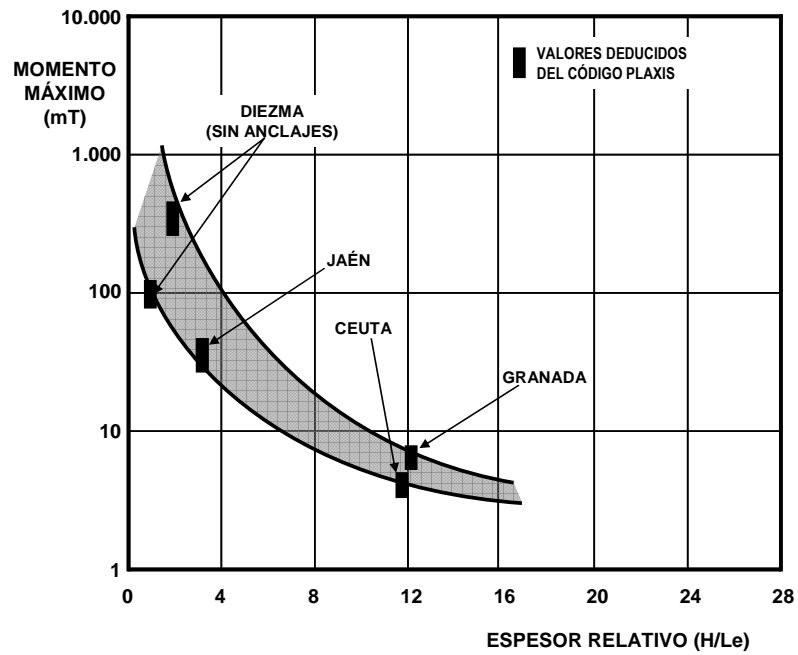


Figura 15. Momentos flectores máximos calculados con Plaxis en algunos casos reales, en función del espesor relativo del deslizamiento.

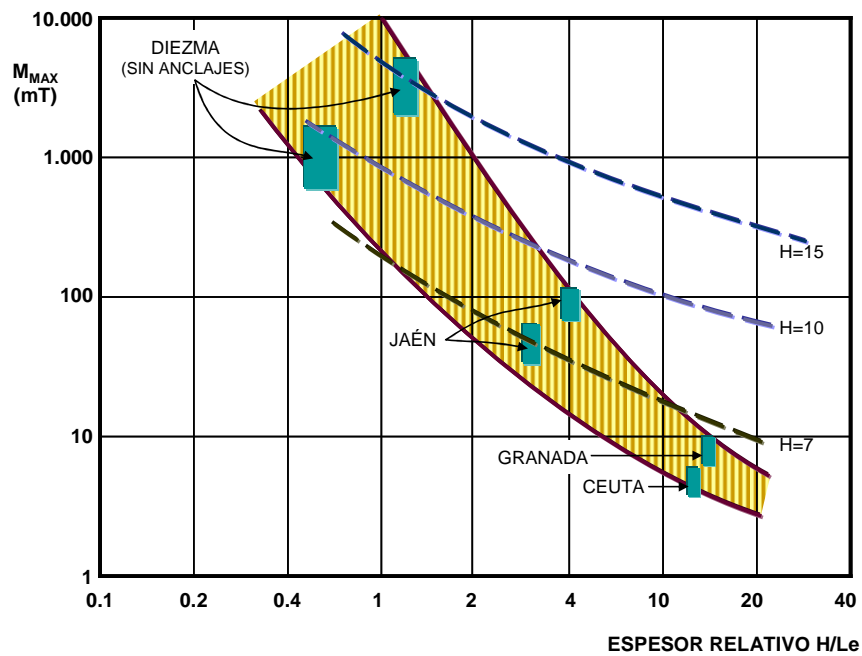


Figura 16. Comparación entre momentos máximos calculados con teoría simplificada y con Plaxis.

## **6. RESUMEN Y CONCLUSIONES.**

- En esta comunicación se presenta un modelo simplificado para estimar los máximos momentos flectores en pilotes y micropilotes utilizados como pasadores para ayudar a aumentar el coeficiente de seguridad en deslizamientos de desmontes y de terraplenes a media ladera.
- El método simplificado da una variación relativa bastante similar que los análisis de interacción suelo-estructura teóricos más refinados (con el Código numérico Plaxis), por lo que parece que su utilización (con un coeficiente de reducción de 1 a 0,7) puede ser adecuada. Es decir se recomienda utilizar la expresión (4) para estimar el máximo momento flector en un pasador.
- En estos análisis, debe introducirse algún parámetro, como el espesor relativo del terreno en movimiento (referido a la longitud elástica del sistema pasador-terreno), a fin de introducir valores intrínsecos del sistema deformacional tanto del terreno como del pilote.

## **7. AGRADECIMIENTOS.**

Los autores de esta comunicación quieren expresar su agradecimiento a las organizaciones que hicieron posibles algunos de los análisis aquí incluidos: Ministerio de Fomento (Jaén, Granada y Ceuta), GIASA (Diezma), GEOCISA (Granada) y SITE (Granada), así como a las personas responsables de estos temas en el momento de realizarlos y que nos ayudaron generosamente (D. Francisco Varo, D. Domingo Quesada, D. Pablo Jiménez, D. Antonio Ortuño, D. Javier Asencio y D. José Santos).

## **8. REFERENCIAS.**

1. Botello, A: "Micropilotes trabajando a flexión y cortante en estructuras de tierra". Trabajo de suficiencia investigadora. U.P.M. Informe no publicado, 2003.
2. De la Fuente, P. y Oteo, C: "Estudio de la estabilidad de taludes de terraplén en la frontera de Ceuta". F.A.B. Informe no Publicado, 2000.
3. Oteo, C: "Diseño y ejecución del tratamiento para estabilizar el deslizamiento de Diezma". III Congreso Andaluz de Carreteras. Sevilla. Vol I. pp 899 – 910, 2003.

4. Oteo, C: "Reflexiones sobre el arte de estabilización de taludes". III Congreso Andaluz de Carreteras. Sevilla. Vol I. pp 911 – 923, 2003
5. Rodríguez Ortiz, J. M<sup>a</sup>: "La utilización de pilotes y pasadores en la corrección de deslizamientos". IV Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables. Vol III, pp 1013 - 1050,1997.
6. SANTOS, J.: "Micropilotes en estabilización de laderas". Jornadas Técnicas SEMSIG-AETESS. 3<sup>a</sup> Sesión: Micropilotes. Madrid, 2003.